

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7205446号

(P7205446)

(45)発行日 令和5年1月17日(2023.1.17)

(24)登録日 令和5年1月6日(2023.1.6)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 J 49/42 (2006.01)

H 0 1 J 49/42

G 0 1 N 27/62 (2021.01)

G 0 1 N 27/62

E

請求項の数 9 (全16頁)

(21)出願番号 特願2019-209483(P2019-209483)
(22)出願日 令和1年11月20日(2019.11.20)
(65)公開番号 特開2021-82496(P2021-82496A)
(43)公開日 令和3年5月27日(2021.5.27)
審査請求日 令和4年2月21日(2022.2.21)

(73)特許権者 000001993
株式会社島津製作所
京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
(74)代理人 110001069
弁理士法人京都国際特許事務所
(72)発明者 上田 学
京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式
会社島津製作所内
(72)発明者 梅本 尚嗣
京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式
会社島津製作所内
審査官 右 高 孝幸

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 質量分析装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

その内部に真空室を形成し、該真空室中のイオン光軸を挟んで左右いずれか一方の側面が開閉可能である真空チャンバと、

試料由来のイオンに対する所定の操作を行うイオン光学素子と、

前記真空チャンバの底面上に配置され、その上に前記イオン光学素子が載置される台座部と、

前記台座部との間に前記イオン光学素子の少なくとも一部を挟み込んで該イオン光学素子を前記台座部に押し付けるように固定するための薄板状の固定バンドと、

前記真空チャンバの開閉可能な側面とは反対側の該真空チャンバの側壁面内側に設けられた、前記固定バンドの一端を係止するバンド係止部と、

前記台座部にあって前記真空チャンバの開閉可能な側面の側に設けられた、前記固定バンドの他端を該台座部に対して固定するバンド固定部と、

を備える、質量分析装置。

【請求項2】

前記イオン光学素子は、直線状の軸の周りに配置された4本のロッド電極と、前記4本のロッド電極を保持する絶縁性材料から成るロッドホルダと、を含む四重極マスフィルタであり、前記固定バンドは、前記ロッドホルダを前記台座部に押さえ付けるように取り付けられるものである、請求項1に記載の質量分析装置。

【請求項3】

10

20

前記イオン光学素子は、イオンを解離させるセル本体部を含むコリジョンセルであり、前記固定バンドは、前記セル本体部を前記台座部に押さえ付けるように取り付けられるものである、請求項 1 に記載の質量分析装置。

【請求項 4】

前記真空チャンバの天面内側と前記台座部の上面との間の距離が、円環状である前記ロッドホルダの外径よりも大きい、請求項 2 に記載の質量分析装置。

【請求項 5】

前記真空チャンバの天面内側と前記台座部の上面との間の距離が、円筒状である前記セル本体部の外径よりも大きい、請求項 3 に記載の質量分析装置。

【請求項 6】

前記真空チャンバは、その開閉可能である側面が外装カバーの側面に面するように配置されている、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の質量分析装置。

【請求項 7】

前記外装カバーの上面には他の装置が載置可能である平坦部が形成されている、請求項 6 に記載の質量分析装置。

【請求項 8】

前記固定バンドは弾性を有する部材からなる、請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の質量分析装置。

【請求項 9】

前記固定バンドは少なくとも、前記ロッドホルダにおいて周方向に隣接するロッド電極の間の部分の外周面に面接触している、請求項 2 に記載の質量分析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は質量分析装置に関する。本発明は、真空度の高い分析室内に四重極マスフィルタやコリジョンセルが配置された質量分析装置に好適である。

【背景技術】

【0002】

一般的な四重極型質量分析装置では、イオン源において試料中に含まれる化合物からイオンを生成し、その生成された各種イオンを四重極マスフィルタで質量電荷比 m/z に応じて分離し、その分離されたイオンをイオン検出器で検出する。また、コリジョンセルを挟んでその前後に四重極マスフィルタが配置されたトリプル四重極型質量分析装置では、イオン源で生成された各種イオンを前段の四重極マスフィルタで質量電荷比に応じて分離して、特定の質量電荷比を有するイオン（プリカーサイオン）のみを選択的にコリジョンセルに導入する。そして、コリジョンセルにおいてプリカーサイオンを衝突誘起解離（CID）等の手法により解離させ、それにより生じた各種のプロダクトイオンを後段の四重極マスフィルタで質量電荷比に応じて分離し、その分離されたプロダクトイオンをイオン検出器で検出する。

【0003】

こうした質量分析装置では分析時に、試料由来の中性粒子やイオンが四重極マスフィルタを構成するロッド電極やコリジョンセル内に配置されているロッド電極などのイオン光学素子に付着する。そのため、装置の使用時間が長くなるとそれらイオン光学素子の汚染が進行し、それらにより生成される電場に乱れが生じる。その結果、検出感度や質量精度が低下する等の性能の低下が生じる。したがって、イオン光学素子等の汚染に起因して装置の性能が不安定になった場合には、装置から四重極マスフィルタユニットやコリジョンセルを取り出し、それらを洗浄する等のメンテナンス作業が必要である。従来の一般的な質量分析装置では、こうしたメンテナンス作業が容易に行えるように、真空チャンバの上部に開閉可能な蓋が設けられ、この蓋を開けた状態で四重極マスフィルタやコリジョンセルを上方向に取り外し又は上方向から装着できるような構造が採られている（特許文献 1 参照）。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

上述したような質量分析装置を液体クロマトグラフ（ＬＣ）の検出器として用いた液体クロマトグラフ質量分析（ＬＣ－ＭＳ）システムは一般に、検出器ユニットのほかに、移動相を送給するポンプなどを含む送液ユニット、送給された移動相中に試料を注入するインジェクションユニット、カラムを内装するカラムオープンユニットなどの複数のユニットから構成される。従来の一般的な質量分析装置は、検出器ユニット以外のユニットに比べてかなりサイズが大きいため、それらユニットとは別に設置されている。そのため、ＬＣ－ＭＳシステムは比較的大きな設置スペースを要する。

【 0 0 0 5 】

しかしながら、ＬＣ－ＭＳシステムの使用分野が広がるのに伴って、システムの設置スペースの縮小化が強く求められるようになってきており、近年、従来の一般的な四重極型質量分析装置に比べてかなり小形化された装置が開発されている。例えば非特許文献１に開示されたＬＣ－ＭＳシステムでは、質量分析装置である検出器ユニットが他のユニットと同程度のサイズに抑えられており、他のユニットを積み重ねたシステム構成が可能となっている。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 文献 】 国際公開第 2 0 1 9 / 1 5 5 5 4 3 号

【 非特許文献 】

20

【 0 0 0 7 】

【 文献 】 「ACQUITY QDa検出器 - 質量分析（MS）検出器」、[online]、日本ウォーターズ株式会社、[2019年10月29日検索]、インターネット<URL: http://www.waters.com/waters/ja_JP/ACQUITY-QDa-Mass-Detector-for-Chromatographic-Analysis/nav.htm?locale=ja_JP&cid=134761404>

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、こうした小形化を図った質量分析装置では次のような問題がある。

即ち、質量分析装置である検出器ユニットは、ステンレス等から成る真空チャンバや真空ポンプなどを備えるため、ＬＣ－ＭＳシステムを構成する他のユニットに比べて重量が大きい。そのため、複数のユニットを積み重ねる際には最下部に設置されるのが一般的である。そうした構成のＬＣ－ＭＳシステムにおいて検出器ユニットの四重極マスフィルタ等のメンテナンスを行おうとすると、検出器ユニットの上部に載置されているユニットを移動させる必要があり、メンテナンス作業が非常に煩雑で時間が掛かるという問題がある。

30

【 0 0 0 9 】

本発明は上記課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、質量分析装置の上部にＬＣ－ＭＳシステムを構成するユニット等の他の装置が積み重ねて配置されている場合であっても、四重極マスフィルタを始めとするイオン光学素子等のメンテナンスを容易に、且つ高い取付精度等を維持しながら実施することができる質量分析装置を提供することにある。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するために成された本発明に係る質量分析装置の一態様は、

その内部に真空室を形成し、該真空室中のイオン光軸を挟んで左右いずれか一方の側面が開閉可能である真空チャンバと、

試料由来のイオンに対する所定の操作を行うイオン光学素子と、

前記真空チャンバの底面上に配置され、その上に前記イオン光学素子が載置される台座部と、

前記台座部との間に前記イオン光学素子の少なくとも一部を挟み込んで該イオン光学素

50

子を前記台座部に押し付けるように固定するための薄板状の固定バンドと、

前記真空チャンバの開閉可能な側面とは反対側の該真空チャンバの側壁面内側に設けられた、前記固定バンドの一端に係止するバンド係止部と、

前記台座部にあって前記真空チャンバの開閉可能な側面の側に設けられた、前記固定バンドの他端を該台座部に対して固定するバンド固定部と、

を備えるものである。

【 0 0 1 1 】

本発明に係る質量分析装置の上記態様において、イオン光学素子は、例えば電場の作用によりイオンの挙動を制御する、四重極マスフィルタ、イオンガイド、イオンレンズ、イオントラップ、デフレクタ、リフレクタなどを含む。また、イオン光学素子は、イオンを解離させる空間を提供するコリジョンセルなども含むものとする。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明に係る質量分析装置の上記態様では例えば、細長い形状の真空チャンバが前後方向に延在するように配置される。この場合、真空チャンバ内の真空室においてイオン光軸も前後方向に延伸し、このイオン光軸を挟んだ左右いずれか一方の真空チャンバの側面が開閉可能である。目的とするイオン光学素子を装置の外部に取り出す際には、作業者が真空チャンバの上記側面を開放する。すると、真空チャンバの開口部から見てイオン光学素子の手前側にバンド固定部があるから、この固定部の固定を外す。バンド固定部の固定は例えばネジなどの別の部材を用いたものでよい。

20

【 0 0 1 3 】

一方、真空チャンバの開口部から見てイオン光学素子の向こう側では、固定バンドはバンド係止部で係止されているだけである。そのため、バンド固定部とは異なり、作業者はネジの取り外しなどの作業を行うことなく、容易に固定バンドを取り外すことができる。そして、固定バンドを取り外したあと、台座部の上からイオン光学素子を取り外し、開口部を通して装置の外側に取り出せばよい。イオン光学素子を装置の内部に取り付ける際には、上記取り外し作業と逆の手順で作業を行えばよい。

【 0 0 1 4 】

本発明に係る質量分析装置の一態様によれば、装置の側方からイオン光学素子の脱着を行うことができる。それにより、当該装置の上部に別の装置が載置されている状態のまま、つまりはその別の装置を移動させることなく、イオン光学素子のメンテナンス作業を行うことができ、高い作業性を実現することができる。また、イオン光学素子の手前側にあるネジの締め付け又は取り外し等の作業を行うことで簡単にイオン光学素子を脱着できるので、イオン光学素子の脱着の作業を効率良く行うことができるのみならず、イオン光学素子に工具等が接触して該素子を損傷する等の事故を防止することができる。さらにまた、簡単な作業でイオン光学素子を適切な位置に精度良く取り付けることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態の質量分析装置を用いた LC - MS システムの外観斜視図。

【図 2】第 1 実施形態の質量分析装置の要部の構成図。

40

【図 3】第 1 実施形態の質量分析装置を正面から見た状態の概略垂直断面図。

【図 4】第 1 実施形態の質量分析装置の右側面カバーを取り外した状態の概略平面図。

【図 5】第 1 実施形態の質量分析装置の右側面カバー及び真空チャンバ側面蓋を取り外した状態の概略平面図。

【図 6】本発明の第 2 実施形態の質量分析装置を正面から見た状態の概略垂直断面図。

【図 7】第 2 実施形態の質量分析装置の右側面カバーを取り外した状態の概略平面図。

【図 8】第 2 実施形態の質量分析装置の右側面カバー及び真空チャンバ側面蓋を取り外した状態の概略平面図。

【図 9】第 1 実施形態の質量分析装置におけるイオンゲージ取付構造を示す概略水平断面図。

50

【図 10】第 1 実施形態の質量分析装置におけるイオンゲージ取付構造に用いられる部品の斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

[第 1 実施形態]

本発明の第 1 実施形態である質量分析装置について、添付図面を参照して説明する。

この質量分析装置は、エレクトロスプレーイオン化 (ESI) 法などの大気圧イオン源を搭載したシングルタイプの四重極型質量分析装置である。

【0017】

図 1 は、第 1 実施形態の質量分析装置を検出器として用いた LC - MS システムの外観斜視図である。この LC - MS システムは、検出器ユニットである質量分析装置 1 と、カラムオープンユニット 2 と、二つの送液ユニット 3、4 と、インジェクションユニット 5 と、を含む。送液ユニット 3、4 は移動相が収容された移動相容器、送液ポンプ、ミキサなどを含む。インジェクションユニット 5 は、オートサンプラ、インジェクタなどを含む。カラムオープンユニット 2 は、その内部にカラムを備える。各ユニットはその外形がいずれも略矩形状であり、図 1 に示すようにユニットを積み重ねた状態で使用することができる。なお、説明の便宜上、図中に示すように、互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸を定めている。つまり、Z 軸方向は高さ方向であり、Y 軸方向は奥行方向である。

10

【0018】

図 2 は質量分析装置 1 の要部の構成図である。真空チャンバ 10 の内部は、第 1 中間真空室 11、第 2 中間真空室 12、及び高真空室 13 の三室に区画されている。また、真空チャンバ 10 の前方には、内部にイオン化室 14 を画成するイオン化ユニットが取り付けられている。第 1 中間真空室 11、第 2 中間真空室 12、及び高真空室 13 はそれぞれ真空ポンプ (図示せず) により真空排気され、イオン化室 14 は外部に連通している。

20

【0019】

イオン化室 14 にはイオン化プローブ 15 が設けられ、イオン化室 14 と第 1 中間真空室 11 との間は細径の脱溶媒管 16 を通して連通している。第 1 中間真空室 11 の内部には第 1 イオンガイド 17 が配置され、第 1 中間真空室 11 と第 2 中間真空室 12 とはスキマー 18 の頂部に形成された小孔を通して連通している。第 2 中間真空室 12 の内部には第 2 イオンガイド 19 が配置され、第 2 中間真空室 12 と高真空室 13 とはレンズ電極 20 の中心に形成された小孔を通して連通している。高真空室 13 の内部には、プリロッド電極とメインロッド電極とを含む四重極マスフィルタ 21 と、イオン検出器 22 とが配置されている。

30

【0020】

図 2 に示すように、脱溶媒管 16、第 1 イオンガイド 17、スキマー 18、第 2 イオンガイド 19、レンズ電極 20、四重極マスフィルタ 21、及びイオン検出器 22 は、概ね直線状のイオン光軸 C に沿って配置されている。

【0021】

上記 LC - MS システムにおける分析動作を簡単に説明する。

送液ユニット 3、4 は単一の又は二液が混合された移動相を所定の流速 (流量) で以てカラムに送給する。インジェクションユニット 5 は、予め用意された複数のサンプルから一つを選択して吸引し、所定のタイミングで、カラムに送給される移動相中に注入する。カラムオープンユニット 2 においてカラムは、例えば略一定の温度に維持される。移動相の流れに押されてカラムにサンプルが導入されると、該サンプルに含まれる各種の成分 (化合物) はカラムを通過する間に時間的に分離される。そして、分離された成分を含む溶出液がカラムの出口から溶出し、質量分析装置 1 のイオン化プローブ 15 に導入される。

40

【0022】

イオン化プローブ 15 は溶出液を略大気圧雰囲気であるイオン化室 14 内に噴霧し、該溶出液に含まれる試料成分をイオン化する。イオン化の手法は例えばエレクトロスプレーイオン化法や大気圧化学イオン化法などを用いることができる。生成されたイオンは脱溶

50

媒管 16 を通して第 1 中間真空室 11 内へと送られ、さらに、第 1 イオンガイド 17、スキマー 18、第 2 イオンガイド 19、レンズ電極 20 を経て高真空室 13 まで送られる。この試料成分由来のイオンは四重極マスフィルタ 21 に導入され、四重極マスフィルタ 21 を構成するロッド電極に印加されている電圧に対応する特定の質量電荷比を有するイオンのみが四重極マスフィルタ 21 を通り抜け、それ以外のイオンは途中で発散する。イオン検出器 22 は四重極マスフィルタ 21 を通り抜けて来たイオンを検出し、そのイオンの量に応じた検出信号を出力する。

【0023】

このようにして、この LC-MS システムでは、サンプルに含まれる複数の成分を時間方向に分離したうえで、質量分析装置 1 によりその各成分の量（濃度）に応じた検出信号を得ることができる。上述したように、質量分析装置 1 の真空チャンバ 10 の内部では、試料成分由来のイオンは、装置の前方側から後方側へと向かって、つまりは概ね Y 軸方向に進行する。

10

【0024】

すでに述べたように、分析の実行時に四重極マスフィルタ 21 やイオンガイド 17、19 等のイオン光学素子には試料成分由来のイオンやイオン化していない分子等の中性粒子、或いは溶媒分子などが付着して汚れる。そのため、こうしたイオン光学素子を真空チャンバ 10 内から取り出し洗浄する必要がある。但し、質量分析装置 1 の上部にはカラムオープンユニット 2（又はそのほかの液体クロマトグラフ用のユニット）が載置されており、メンテナンス作業のためにこれを移動するのは面倒である。そこで、本実施形態の質量分析装置 1 は、以下に説明するような特徴的な構造を有している。

20

【0025】

図 3 は、本実施形態の質量分析装置を正面から見た状態の概略垂直断面図である。図 4 は、本実施形態の質量分析装置の右側面カバーを取り外した状態の概略平面図である。図 5 は、本実施形態の質量分析装置の右側面カバー及び真空チャンバ側面蓋を取り外した状態の概略平面図である。

【0026】

図 3、図 4 に示すように、本実施形態の質量分析装置 1 において、真空チャンバ 10 は、略矩形状である外装カバー 30 の右側面カバー 30a の直ぐ内側に Y 軸方向に沿って延伸するように配置されている。右側面カバー 30a は例えばネジ等により外装カバー 30 のそのほかの部分に取り付けられており、ネジ等を外すことで右側面カバー 30a は容易に取り外すことが可能である。

30

【0027】

真空チャンバ 10 の下部には、真空ポンプユニット 32 が配置され、真空チャンバ 10 の上部及び左側方には各種の電気系部品を含む回路ユニット 31 が配置されている。真空チャンバ 10 内に形成されている高真空室 13 の部分、つまりは真空チャンバ 10 の後方側の部分は右側方に開口部が形成され、その開口部を覆うように側面蓋 10a が着脱可能に設けられている。この側面蓋 10a の装着もネジ等によるものとすることができる。この側面蓋 10a を取り付けたときに高真空室 13 内は略気密になり、真空ポンプでの真空排気が可能となる。

40

【0028】

図 3 に示すように右側面カバー 30a を外装カバー 30 から取り外すと、図 4 に示すように、右側面のほぼ全体が開放されるため、真空チャンバ 10 の右側面が露出する。真空チャンバ 10 内の真空が解除された状態で側面蓋 10a を真空チャンバ 10 から取り外すと、図 5 に示すように、高真空室 13 内に配置されている四重極マスフィルタ 21 及びイオン検出器 22 が露出する。したがって、メンテナンスを実施する作業者は、右側面カバー 30a 及び側面蓋 10a をそれぞれ取り外すことで、高真空室 13 内に配置されている部材に容易にアクセスすることができる。

【0029】

四重極マスフィルタ 21 を構成する、外形が略円柱状である 4 本のメインロッド電極 2

50

１１はそれぞれ、略円環状で所定の厚さを有するロッドホルダ２１２の内側の溝に嵌め込まれた状態で、図示しないネジにより該ロッドホルダ２１２に固定されている。ロッドホルダ２１２はメインロッド電極２１１の前端側と後端側とにそれぞれ１個ずつ設けられ、これにより、４本のメインロッド電極２１１の相対的な位置関係は定まっている。また、図５では記載を省略しているが、４本のプリロッド電極は４本のメインロッド電極２１１のそれぞれの前方に絶縁体を挟んで取り付けられている。ロッド電極２１１は、例えばステンレスやモリブデンなどの導電体から成り、ロッドホルダ２１２は、セラミックや合成樹脂などの絶縁体から成る。

【００３０】

２個のロッドホルダ２１２はそれぞれ、真空チャンバ１０の底面上に取り付けられた台座部３３の略半円状の凹部３３ａに載置される。即ち、ロッドホルダ２１２の下部は台座部３３の凹部３３ａに収容される。ロッドホルダ２１２の上部は、バネ性を有する固定バンド２１３によって下方に、つまり台座部３３の凹部３３ａに押し付けられるように固定される。固定バンド２１３の一端は、真空チャンバ１０の左側壁１０ｃの内側に形成されている凹部である係止部１０ｄにより係止され、固定バンド２１３の他端は、台座部３３に対しネジ２１４で固定される。これによって、４本のメインロッド電極２１１は所定の位置に確実に設置されるようになっている。

【００３１】

台座部３３は真空チャンバ１０と同じ材料、例えばアルミニウムやステンレスなどから成る。また、固定バンド２１３は例えば、ステンレス又は防錆表面処理がなされたリン青銅などから成るものとすることができる。また、図３中に示すように、台座部３３の上面と真空チャンバ１０の天面との間の距離Ｌは、ロッドホルダ２１２の外径Ｄよりも大きく定められている。

【００３２】

上述したように、真空チャンバ１０の右側面側から見たときにメインロッド電極２１１よりも向こう側に位置する固定バンド２１３の端部は、係止部１０ｄに差し込まれて係止されているだけある。一方、ネジ２１４により固定される固定バンド２１３の端部は、真空チャンバ１０の右側面側から見たときにメインロッド電極２１１の手前側に位置している。したがって、上述したように作業者が側面蓋１０ａを取り外したあと、手前にあるネジ２１４を取り外しさえすれば、固定バンド２１３を容易に係止部１０ｄから抜き取ることができる。そして、上述したように $L > D$ の関係であるため、固定バンド２１３を取り外したあと、メインロッド電極２１１を保持した状態のロッドホルダ２１２を台座部３３から持ち上げ、そのまま手前側に移動させて真空チャンバ１０の外側に取り出すことができる。即ち、四重極マスフィルタ２１を容易に、且つメインロッド電極２１１と台座部３３との接触を避けながら、装置の外側に取り出すことができる。

【００３３】

また、一旦取り外した四重極マスフィルタ２１を真空チャンバ１０内に設置する場合には、上記と逆の手順によって容易に且つ適切な位置に、四重極マスフィルタ２１を取り付けることができる。

【００３４】

なお、上述したように固定バンド２１３はロッドホルダ２１２を台座部３３に押し付けるように固定するものであるため、適度なバネ性が必要である。ステンレスは縦弾性係数が比較的大きいためバネ性の点では有利である。一方、リン青銅はステンレスに比べると縦弾性係数は小さいものの、厚さを調整することでステンレス製の固定バンドと同程度のバネ性を持たせることができる。また、リン青銅はステンレスに比べて熱伝導率が高い。特許文献１等にも記載されているように、分析時にメインロッド電極２１１に高周波電圧が印加されるとロッドホルダ２１２の材料の誘電損失によってロッドホルダ２１２自体が発熱する。これに対し、固定バンド２１３としてリン青銅を用い、その熱伝導性を良好にしておくことで、ロッドホルダ２１２の熱を固定バンド２１３を通して台座部３３にまで伝導させ、台座部３３から真空チャンバ１０などに逃がすことが容易になる。それにより

10

20

30

40

50

、ロッドホルダ 2 1 2 からの放熱を促進させることができ、ロッドホルダ 2 1 2 の熱膨張によるメインロッド電極 2 1 1 の位置ずれを防止することができる。

【 0 0 3 5 】

なお、図 3、図 5 では、4 本のメインロッド電極 2 1 1 に電圧を印加するための配線などの構造についての記載を省略しているが、例えば特許文献 1 に開示されているような、メインロッド電極に弾性を有して接触するショートバネを介して各メインロッド電極に所定の電圧を印加する構造を採ることができる。もちろん、電圧を印加するための構造はこれに限らない。

【 0 0 3 6 】

上述したように本実施形態の質量分析装置によれば、作業者が、装置の右側方から真空チャンバ 1 0 の内部に容易にアクセスし、真空チャンバ 1 0 の内部に設置されている四重極マスフィルタ 2 1 を簡単に取り出したり、逆に四重極マスフィルタ 2 1 を真空チャンバ 1 0 の内部に簡単に装着したりすることができる。それにより、メンテナンス作業の際に、質量分析装置 1 の上に載置されている別のユニットを移動させる必要がない。また、四重極マスフィルタ 2 1 の着脱の作業自体も簡単で時間をとらないので、作業を効率良く行うことができる。

【 0 0 3 7 】

もちろん、四重極マスフィルタ 2 1 のみならず、イオンガイド 1 7、1 9 などの他のイオン光学素子についても同様の構成とすることができる。但し、イオン流の上流側に位置しているイオンガイド 1 7、1 9 などのイオン光学素子は構造上、装置の前方側に引き出すような構成とすることも可能である。これに対し、イオン流の下流側に位置している四重極マスフィルタ 2 1 や後述するコリジョンセルなどは、装置の前方側に引き出すような構成とすることはかなり困難である。こうしたことから、装置の側方から脱着が可能であるという構成は、特に装置の後部側に位置しているイオン光学素子に有利である。

【 0 0 3 8 】

また、上記の第 1 実施形態は本発明をシングルタイプの四重極型質量分析装置に適用した例であるが、本発明は他のタイプの質量分析装置、具体的には、トリプル四重極型質量分析装置などにも適用することができる。トリプル四重極型質量分析装置は、コリジョンセルを挟んでその前後にそれぞれ四重極マスフィルタを備える。この前後の四重極マスフィルタについて上述した構成とすることができるのは当然であるが、コリジョンセルにつ

【 0 0 3 9 】

[第 2 実施形態]

次に、本発明に係る発明の第 2 実施形態であるトリプル四重極型質量分析装置について図 6 ~ 図 8 を参照して説明する。図 6 は、第 2 実施形態の質量分析装置を正面から見た状態の概略垂直断面図である。図 7 は、第 2 実施形態の質量分析装置の右側面カバーを取り外した状態の概略平面図である。図 8 は、第 2 実施形態の質量分析装置の右側面カバー及び真空チャンバ側面蓋を取り外した状態の概略平面図である。即ち、図 6 ~ 図 8 は、第 1 実施形態における図 3 ~ 図 5 に相当する図面である。この第 2 実施形態において上述した第 1 実施形態の質量分析装置と同様の又は相当する構成要素には、同じ符号を付している。

【 0 0 4 0 】

図 8 に示すように、高真空室 1 3 内には、コリジョンセル 4 1 を挟んで前段四重極マスフィルタ 4 0 と後段四重極マスフィルタ 4 2 とが配置されている。コリジョンセル 4 1 は、略円筒形状で両端面にイオン通過開口が形成されたセル本体部 4 1 0 を有し、セル本体部 4 1 0 の内部に、イオンガイドを構成する 4 本のロッド電極 4 1 1 が配置されている。イオンガイドを構成するロッド電極の数はこれに限らない。セル本体部 4 1 0 の内部には所定の不活性ガスである衝突誘起解離ガスが導入され、前段四重極マスフィルタ 4 0 を通り抜けたイオンはセル本体部 4 1 0 の内部で衝突誘起解離ガスに接触し解離する。解離によって生成されたプロダクトイオンは、ロッド電極 4 1 1 に印加される高周波電圧によって生成される電場により収束され、後段四重極マスフィルタ 4 2 に向けて送り出される。

【 0 0 4 1 】

第2実施形態の質量分析装置では、前段四重極マスフィルタ40及び後段四重極マスフィルタ42と同様に、コリジョンセル41のセル本体部410も台座部33と固定バンド213とによって着脱容易に固定されている。したがって、コリジョンセル41の洗浄を行う際に、作業者は、右側面カバー30a及び側面蓋10aをそれぞれ取り外し、高真空室13内にアクセスが可能な状態としたあとに、固定バンド213を固定しているネジ214を取り外すことでコリジョンセル41を容易に真空チャンバ10の外側に取り出すことができる。

【 0 0 4 2 】

〔 イオンゲージの取付構造 〕

上記第1及び第2実施形態の質量分析装置では、高真空室13内の真空度を計測するためのイオンゲージ35が真空チャンバ10の後壁10eの背面に取り付けられている。イオンゲージ35はフィラメントを有しており、消耗品であるため、できるだけ容易に交換できるようにしておくことが好ましい。一般的には、外装カバーの背面板を取り外し可能としておき、後方側からイオンゲージを固定しているネジ等を外すことでイオンゲージの取り外しを可能としている。しかしながら、図1に示したようなLC-MSシステムは、その背面が壁に近接するように設置されていることが多く、後方側からのアクセスは困難である。そこで、第1及び第2実施形態の質量分析装置では、右側方からイオンゲージ35を容易に着脱できる構造が採用されている。

【 0 0 4 3 】

図9は、第1実施形態の質量分析装置におけるイオンゲージ取付構造を示す概略水平断面図、図10は、第1実施形態の質量分析装置におけるイオンゲージ取付構造に用いられる部品の斜視図である。

【 0 0 4 4 】

真空チャンバ10の後壁10eには取付穴10fが貫通して設けられ、その取付穴10fにイオンゲージ35の内部空間に連通する接続管部35aが挿入される。このイオンゲージ35を取付穴10fに取り付けるための部品は、略U字状である第1板状部材350と、第1板状部材350の取付高さを調整する円環状のスペーサ351と、第1板状部材350を引っ掛けるためのボルト352と、段差付き円筒形状であるフランジ353と、略円環状であるガスケット押さえ354と、ゴムから成る円環状の2個のガスケット355と、第1板状部材350の両端部を係止する第2板状部材356と、第2板状部材356の取付高さを調整する円環状のスペーサ357と、第2板状部材356を固定するためのネジ358と、を含む。

【 0 0 4 5 】

図9に示すように、イオンゲージ35の接続管部35aには、その先端部側からガスケット55、ガスケット押さえ354、及びフランジ353が挿通されている。接続管部35aを取付穴10fに嵌入すると、ガスケット355は取付穴10fの内周に形成されている段差部に接して位置決めされる。ボルト352はスペーサ351が挿通された状態で真空チャンバ10の後壁10eのボルト穴に螺入された状態である。第1板状部材350は、スペーサ351を後壁10eとの間に挟み込み、U字状の両方の延伸部の間にボルト352とフランジ353を挟むように、装着される。第1板状部材350のU字状延伸部はフランジ353の外周形状に沿った湾曲状に形成されているため、この湾曲状部がフランジ353に当接する位置まで第1板状部材350を挿入する。

【 0 0 4 6 】

一方、第2板状部材356はスペーサ357を後壁10eとの間に挟み込んだ状態で、3本のネジ358により後壁10eに固定される。ネジ358を締めると第2板状部材356は第1板状部材350のU字状延伸部の端部を押さえ付けると、第1板状部材350は取付穴10fの内部に沈み込むようにフランジ353を押し下げる。すると、フランジ353はガスケット押さえ354を介してガスケット355を押し下げる。ガスケット255はゴム製であり且つ位置が規制されているので、力を受けて潰れ、取付穴10f内周

10

20

30

40

50

面とイオンゲージ 3 5 の接続管部 3 5 a の外周面とに密着する。これによって、高真空室 1 3 内の気密性を確保しながらイオンゲージ 3 5 を取り付けることができる。

【 0 0 4 7 】

イオンゲージ 3 5 の交換等のためにイオンゲージ 3 5 を取り外す際には、作業者は装置の右側方からオフセットドライバー等の工具を用いてネジ 3 5 8 を弛める。すると、第 1 板状部材 3 5 0 の抑えが解除され、ガスケット 3 5 5 が復元するので、イオンゲージ 3 5 の接続管部 3 5 a が取付穴 1 0 f から抜け易くなる。これによって、装置の右側方から容易にイオンゲージ 3 5 を取り外すことが可能となる。イオンゲージ 3 5 を取り付け際には、上記取り外し時と逆の手順で作業を行えばよい。

このようにして、質量分析装置 1 の右側方からイオンゲージ 3 5 を容易に着脱することができる。

10

【 0 0 4 8 】

また、上記実施形態は本発明の一例にすぎず、本発明の趣旨の範囲でさらに適宜、変形、追加、修正を行っても本願特許請求の範囲に包含されることは明らかである。

【 0 0 4 9 】

[種々の態様]

上述した例示的な実施形態は、以下の態様の具体例であることが当業者により理解される。

【 0 0 5 0 】

(第 1 項) 本発明に係る質量分析装置の一態様は、

20

その内部に真空室を形成し、該真空室中のイオン光軸を挟んで左右いずれか一方の側面が開閉可能である真空チャンバと、

試料由来のイオンに対する所定の操作を行うイオン光学素子と、

前記真空チャンバの底面上に配置され、その上に前記イオン光学素子が載置される台座部と、

前記台座部との間に前記イオン光学素子の少なくとも一部を挟み込んで該イオン光学素子を前記台座部に押し付けるように固定するための薄板状の固定バンドと、

前記真空チャンバの開閉可能な側面とは反対側の該真空チャンバの側壁面内側に設けられた、前記固定バンドの一端に係止するバンド係止部と、

前記台座部にあって前記真空チャンバの開閉可能な側面の側に設けられた、前記固定バンドの他端を該台座部に対して固定するバンド固定部と、

30

を備えるものである。

【 0 0 5 1 】

第 1 項に記載の質量分析装置では、真空チャンバの上面（天面）ではなく側面を開放することができ、この側面を開放すると、イオン光学素子の手前側にバンド固定部が位置している。そして、真空チャンバの開口部から見てイオン光学素子の向こう側では、固定バンドはバンド係止部で係止されているだけである。そのため、手前側のバンド固定部による固定を解除するだけで容易に固定バンドを取り外すことができ、固定バンドを取り外したあと、台座部の上からイオン光学素子を取り外して装置の外側に取り出すことができる。

【 0 0 5 2 】

40

このように第 1 項に記載の質量分析装置によれば、当該装置の上部に別の装置が載置されている状態のままで、つまりはその別の装置を移動させることなく、イオン光学素子のメンテナンス作業を行うことができ、高い作業性を実現することができる。また、イオン光学素子の脱着の作業自体が簡単で手間が掛からないので、メンテナンスの作業を効率良く行うことができる。また、イオン光学素子に工具等が接触して該素子を損傷する等の事故を防止することができる。さらにまた、簡単な作業でイオン光学素子を適切な位置に精度良く取り付けることができる。

【 0 0 5 3 】

(第 2 項) 第 1 項に記載の質量分析装置において、前記イオン光学素子は、直線状の軸の周りに配置された 4 本のロッド電極と、前記 4 本のロッド電極を保持する絶縁性材料が

50

ら成るロッドホルダと、を含む四重極マスフィルタであり、前記固定バンドは、前記ロッドホルダを前記台座部に押さえ付けるように取り付けられるものとすることができる。

【0054】

第2項に記載の質量分析装置によれば、イオンを質量電荷比に応じて分離する四重極マスフィルタが汚れた場合でも、これを比較的容易に取り外して洗浄することができる。

また、多くの場合、質量分析装置における試料由来のイオンの経路の中で、四重極マスフィルタはイオン流の下流に位置している。そのため、装置の前方側にイオン源が設けられ、該イオン源で生成されたイオンが装置の後方側に送られる構成の装置では、四重極マスフィルタは装置の後方側に配置される。そうした場合に、四重極マスフィルタを装置の前方に引き出すようにして取り外せる構造を採ることは困難である。これに対し、第2項

10

【0055】

(第3項)第1項に記載の質量分析装置において、前記イオン光学素子は、イオンを解離させるセル本体部を含むコリジョンセルであり、前記固定バンドは、前記セル本体部を前記台座部に押さえ付けるように取り付けられるものとすることができる。

【0056】

第3項に記載の質量分析装置によれば、イオンを解離させるためのコリジョンセルのセル本体やセル本体の内部に配置されているイオンガイドが汚れた場合でも、これを比較的容易に取り外して洗浄することができる。また、四重極マスフィルタと同様にコリジョンセルもイオン流の下流に位置しており、装置の後方側に配置されていることが多いが、その場合でも着脱が容易である。

20

【0057】

即ち、本発明に係る質量分析装置における上記イオン光学素子は、イオン経路の中のいずれに位置しているイオン光学素子でもよいが、特にイオン経路の中の後段部、つまりはイオン流の下流に位置しているイオン光学素子に対してその効果が大きいといえることができる。

【0058】

(第4項)第2項に記載の質量分析装置では、前記真空チャンバの天面内側と前記台座部の上面との間の距離が、円環状である前記ロッドホルダの外径よりも大きいものとすることができる。

30

【0059】

(第5項)第3項に記載の質量分析装置では、前記真空チャンバの天面内側と前記台座部の上面との間の距離が、円筒状である前記セル本体部の外径よりも大きいものとすることができる。

【0060】

第4項及び第5項に記載の質量分析装置によれば、固定バンドを取り外した状態で、四重極マスフィルタやコリジョンセルを台座部から持ち上げ、そのまま真空チャンバの外側に取り出すことができる。また、四重極マスフィルタやコリジョンセルを台座部や真空チャンバの天面に接触させずに出し入れすることができる。したがって、四重極マスフィルタやコリジョンセルの脱着の作業が容易であるとともに、それらが台座部や真空チャンバの天面に接触して損傷することを防止することができる。

40

【0061】

(第6項)第1項～第5項のいずれか1項に記載の質量分析装置では、前記真空チャンバは、その開閉可能である側面が外装カバーの側面に面するように配置されているものとすることができる。

【0062】

第6項に記載の質量分析装置では、外装カバーの側面を開放するとその直ぐ内側に真空チャンバがあり、該真空チャンバの側面を開放するとイオン光学素子の脱着が可能である。したがって、第6項に記載の質量分析装置によれば、イオン光学素子の脱着が一層容易

50

である。

【 0 0 6 3 】

(第7項)第6項に記載の質量分析装置では、前記外装カバーの上面には他の装置が載置可能である平坦部が形成されているものとすることができる。

【 0 0 6 4 】

第7項に記載の質量分析装置では、質量分析装置の上部に例えば液体クロマトグラフユニットなどを載置することができる。それによって、液体クロマトグラフ質量分析システム全体としての設置スペースを縮小することができる。

【 0 0 6 5 】

(第8項)第1項～第7項のいずれか1項に記載の質量分析装置では、前記固定バンドは弾性を有する部材からなるものとすることができる。

10

【 0 0 6 6 】

第8項に記載の質量分析装置によれば、例えば固定バンドで固定されているロッドホルダやセル本体部が熱膨張による形状変化を生じた場合でも、固定バンド自体がその形状変化を吸収する。したがって、ロッドホルダやセル本体部などの破損を防止しつつ、確実にそれらを台座部に固定することができる。また特に、弾性を有する部材として熱伝導性の良好なリン青銅を用いれば、ロッドホルダやセル本体部からの熱を効率良く逃がし、それらの加熱を抑えることができる。

【 0 0 6 7 】

(第9項)第2項に記載の質量分析装置では、前記固定バンドは少なくとも、前記ロッドホルダにおいて周方向に隣接するロッド電極の間の部分の外周面に面接触しているものとすることができる。

20

【 0 0 6 8 】

第9項に記載の質量分析装置によれば、ロッドホルダの中で発熱が最も大きい箇所固定バンドが接触するため、ロッドホルダの熱を良好に放散することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 9 】

- 1 ... 質量分析装置
- 2 ... カラムオープンユニット
- 3、4 ... 送液ユニット
- 5 ... インジェクションユニット
- 10 ... 真空チャンバ
 - 10 a ... 側面蓋
 - 10 c ... 左側壁
 - 10 d ... 係止部
 - 10 e ... 後壁
 - 10 f ... 取付穴
- 11 ... 第1中間真空室
- 12 ... 第2中間真空室
- 13 ... 高真空室
- 14 ... イオン化室
- 15 ... イオン化プローブ
- 16 ... 脱溶媒管
- 17 ... 第1イオンガイド
- 18 ... スキマー
- 19 ... 第2イオンガイド
- 20 ... レンズ電極
- 21 ... 四重極マスフィルタ
 - 21 1 ... メインロッド電極
 - 21 2 ... ロッドホルダ

30

40

50

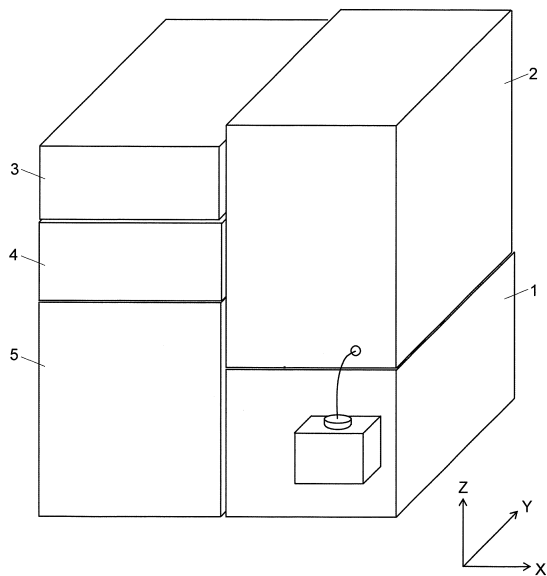
- 2 1 3 ...固定バンド
- 2 1 4 ...ネジ
- 2 2 ...イオン検出器
- 3 0 ...外装カバー
 - 3 0 a ...右側面カバー
- 3 1 ...回路ユニット
- 3 2 ...真空ポンプユニット
- 3 3 ...台座部
 - 3 3 a ...凹部
- 3 5 ...イオンゲージ
 - 3 5 a ...接続管部
- 3 5 0 ...第1板状部材
- 3 5 1、3 5 7 ...スペーサ
- 3 5 2 ...ボルト
- 3 5 3 ...フランジ
- 3 5 4 ...ガスケット押さえ
- 3 5 5 ...ガスケット
- 3 5 6 ...第2板状部材
- 3 5 8 ...ネジ
- 4 0 ...前段四重極マスフィルタ
- 4 1 ...コリジョンセル
 - 4 1 0 ...セル本体部
 - 4 1 1 ...ロッド電極
- 4 2 ...後段四重極マスフィルタ
- C ...イオン光軸

10

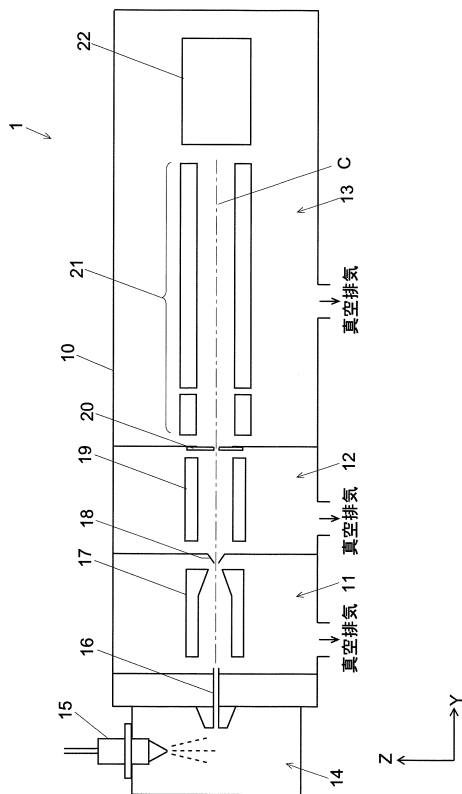
20

【図面】

【図 1】



【図 2】

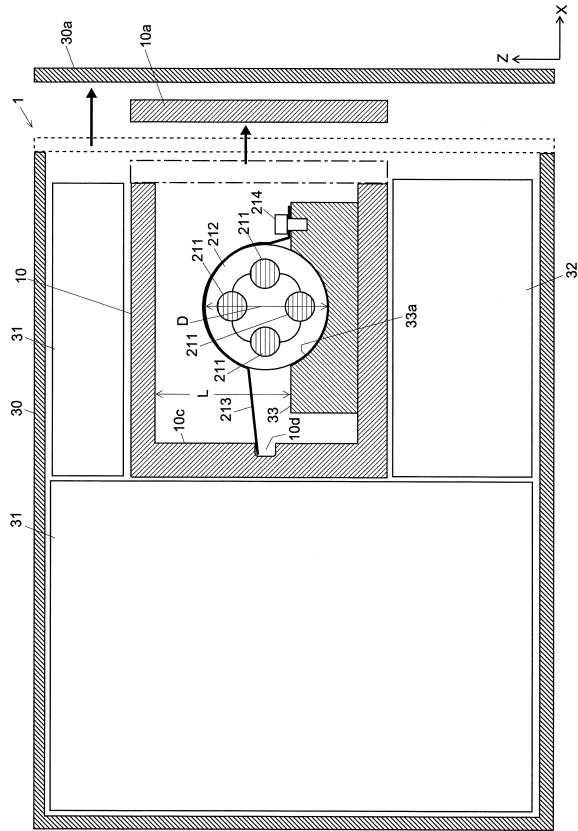


30

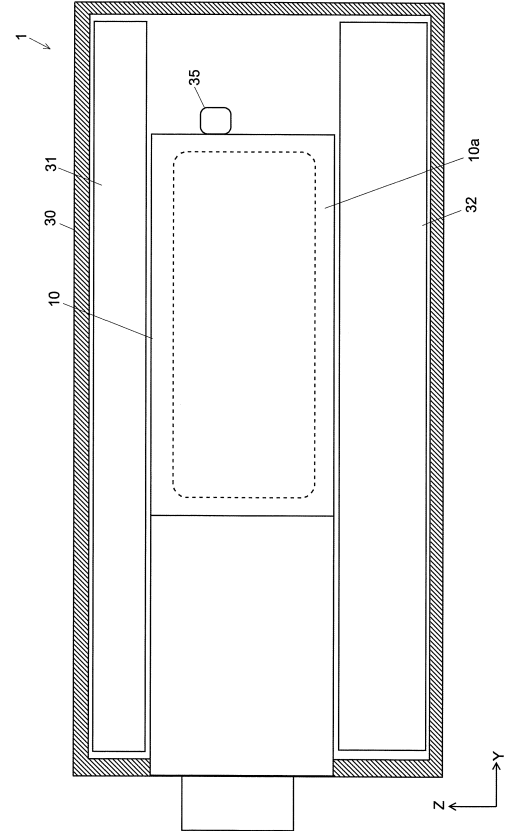
40

50

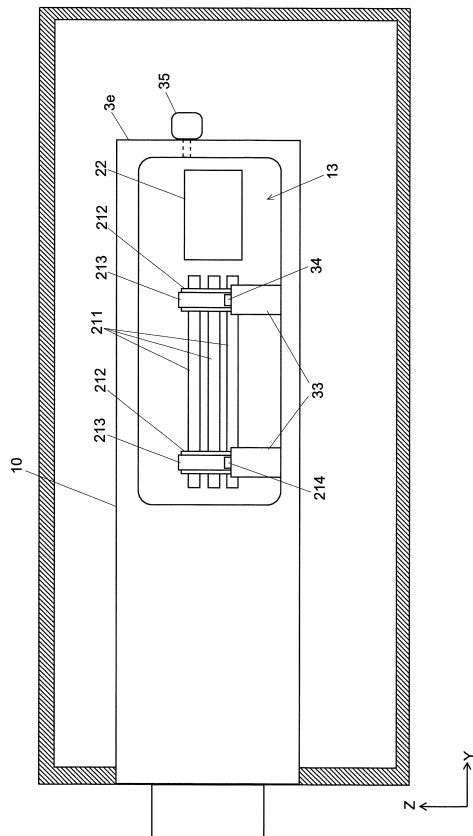
【 図 3 】



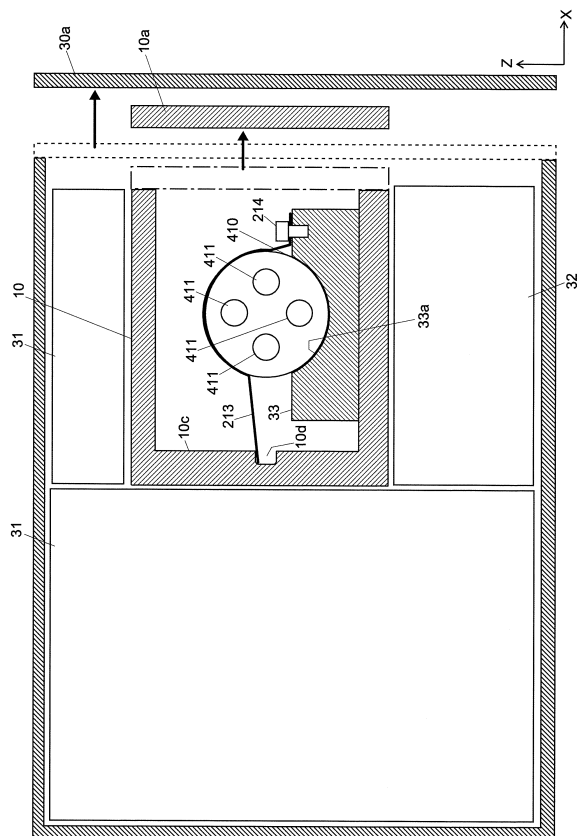
【 図 4 】



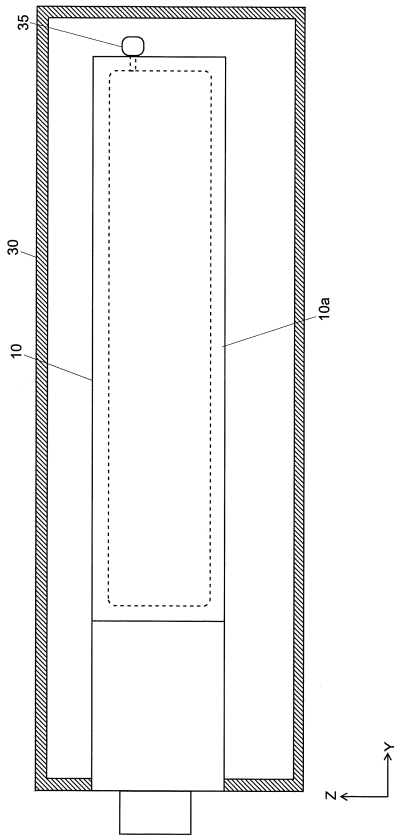
【 図 5 】



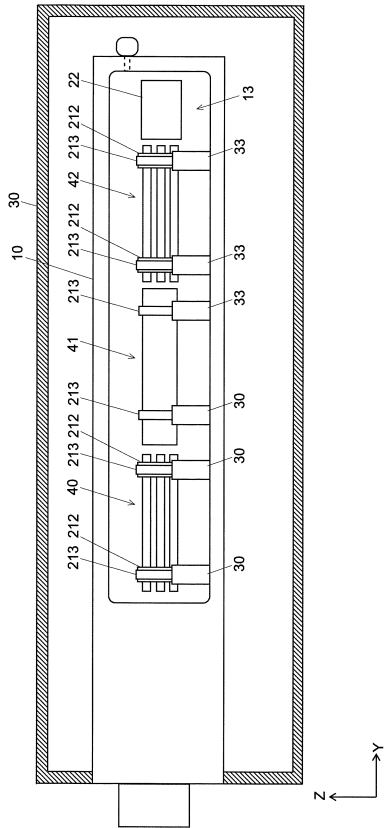
【 図 6 】



【図 7】



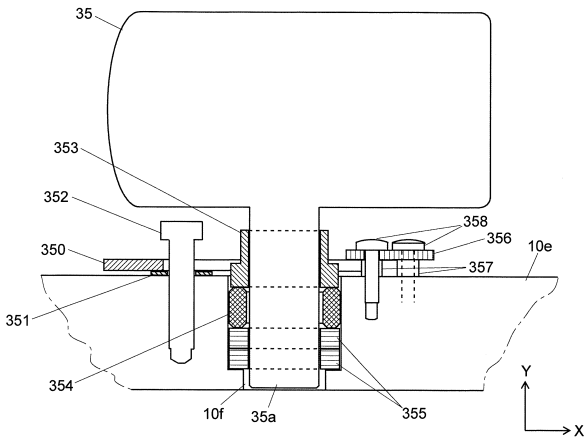
【図 8】



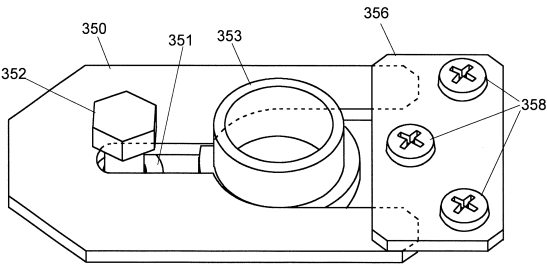
10

20

【図 9】



【図 10】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 3 3 8 0 8 8 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 0 1 5 3 4 7 (U S , A 1)
国際公開第 2 0 1 9 / 1 5 5 5 4 3 (W O , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
- H 0 1 J 4 9 / 4 2
G 0 1 N 2 7 / 6 2